

## Influence of nitrogen and potassium on *Eucalyptus globulus* Labill. mother plants

H. M. Ribeiro<sup>1</sup>, E. Vasconcelos<sup>1</sup>, A. Ramos<sup>2</sup> & J. Coutinho<sup>3</sup>

### RESUMO

Nos sistemas de propagação vegetativa de plantas o estado nutricional dos pés-mãe é determinante para o sucesso do enraizamento das estacas que estes originam. Como tal, a recente implementação, em Portugal, da técnica de propagação vegetativa de *Eucalyptus globulus* Labill. ssp. *globulus* por enraizamento de estacas caulinares, justifica plenamente o estudo da fertilização de pés-mãe desta espécie e o seu efeito no enraizamento das estacas.

Assim, e com o objectivo de avaliar o efeito do azoto e do potássio no crescimento de pés-mãe de *E. globulus* e no enraizamento das estacas obtidas, foi instalado um ensaio de fertilização que decorreu durante um período de 2 anos. No ensaio utilizaram-se 2 clones desta espécie (HD161 e CN5) e testaram-se 6 modalidades de fertilização, correspondentes à combinação de 3 níveis de azoto (50, 100, 200 mg N L<sup>-1</sup>) e 2 de potássio (50 e 100 mg K L<sup>-1</sup>) na solução nutritiva utilizada. No primeiro ano de crescimento (1998) os pés-mãe foram

sujeitos a uma poda de formação, tendo-se avaliado a biomassa recolhida. No segundo ano (1999), para além da biomassa recolhida, determinou-se também o número de estacas produzidas por pé-mãe e a capacidade de enraizamento dessas estacas.

Com o delineamento experimental utilizado não se observaram, em todos os parâmetros avaliados, diferenças significativas entre os dois níveis de potássio, nem interações significativas entre o potássio e os restantes factores em estudo. Relativamente ao azoto, a análise dos dados obtidos permitiu concluir que o aumento da concentração de azoto na solução nutritiva, de 50 para 200 mg L<sup>-1</sup>, originou aumentos significativos da biomassa recolhida nas podas, da produção de estacas e da percentagem de enraizamento das estacas, contrariando a ideia que o aumento da disponibilidade de azoto pode conduzir uma redução do enraizamento. Os resultados permitem assim concluir que o azoto é determinante para o crescimento dos pés-mãe de *E. globulus* e para o sucesso do enraizamento das suas estacas, devendo a fertilização azotada

<sup>1</sup>Inst. Sup. de Agronomia, DQAA, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa. Tel: 213 653 440 E-mail: [henriquerribe@isa.utl.pt](mailto:henriquerribe@isa.utl.pt)

<sup>2</sup>Instituto de Investigação da Floresta e Papel - RAIZ, Qta de S. Francisco, apartado 15, 3801-501 Eixo. E-mail: [aramos@raiz-iifp.pt](mailto:aramos@raiz-iifp.pt)

<sup>3</sup>CCEA, UTAD, apartado 1013, 5000-911 Vila Real. E-mail: [j\\_coutin@utad.pt](mailto:j_coutin@utad.pt)

destas plantas ser sujeita a um cuidado trabalho de optimização.

### ABSTRACT

In Portugal the traditional propagation of *Eucalyptus globulus* Labill (*E. globulus*) by seed is being replaced by vegetative propagation by stem cuttings. However, for *E. globulus*, there is no sufficient information related to the management of mother plant fertilization. So, it is important to study the relationship between the fertilization of the mother plant and the rooting ability of the cuttings.

With the aim of evaluating the effect of nitrogen and potassium on *E. globulus* mother plants, a fertilization experiment was performed during 2 years. 2 clones of *E. globulus* (clone HD161 and clone CN5) were fertilized, periodically, with 6 different nutrient solutions corresponding to 3 levels of nitrogen (50, 100 and 200 mg N L<sup>-1</sup>) and 2 levels of potassium (50 and 100 mg K L<sup>-1</sup>). In 1998, stock plants were subjected to formative pruning. In 1999, biomass, number of cuttings produced by the mother plants and rooting ability of the cuttings were evaluated.

With the two levels of potassium applied no significant effects were found.

On the contrary, increasing levels of nitrogen applied to the mother plants led to: i) an increase of total biomass, ii) a higher production of stem cuttings, iii) an improvement of the rooting ability of the cuttings.

Results showed that nitrogen fertilization and, as consequence, nitrogen reserves, constitute a limiting factor for rooting in *E. globulus* cuttings. Thus, research on the optimization of nitrogen fertilization of *E. globulus* mother plants should be performed.

### INTRODUÇÃO

Em Portugal, como resultado dos programas de melhoramento florestal da espécie *Eucalyptus globulus* Labill. ssp. *globulus* (*E. globulus*), a tradicional propagação desta espécie por via seminal tem vindo a ser substituída, pelo menos parcialmente, pela propagação vegetativa por estacas caulinares (Ribeiro, 2004). No sistema de propagação vegetativa utilizado em Portugal, as estacas são obtidas a partir de plantas que são mantidas num estado de desenvolvimento juvenil através de podas intensas e sistemáticas, designadas por pés-mãe ou plantas-mãe. Em sistemas de produção de estacas deste tipo, a condução dos pés-mãe (intensidade das podas, periodicidade das podas, estiolamento dos rebentos) e as condições ambientais a que os pés-mãe estão sujeitos (radiação, fotoperíodo, temperatura, rega, fertilização), são factores determinantes para o sucesso do subsequente enraizamento das estacas (Moe & Anderson, 1988; Hartman *et al.*, 1997). Efectivamente, no caso específico de pés-mãe de *E. globulus*, existem publicados resultados relativos ao efeito de diferentes factores no enraizamento das estacas, nomeadamente: posição, na estrutura dos pés-mãe, do rebento que origina a estaca; comprimento dos rebentos utilizados para fazer as estacas; época de recolha das estacas; intensidade das podas; tipo de contentor; idade cronológica dos pés-mãe; intensidade da rega; ensombramento e aplicação de luz artificial (Wilson, 1993; Reis *et al.*, 1996; Wilson, 1998; Wilson, 1999). No entanto, na bibliografia consultada, constata-se uma falta de informação relativa ao efeito da fertilização em geral, e da fertilização azotada e potássica em particular, na produção dos pés-mãe de *E. globulus* e no enraizamento das estacas obtidas. Resultados obtidos com outras espécies indicam

que esse efeito depende das necessidades particulares de cada espécie, do tipo de estaca utilizada na propagação e das condições ambientais a que o pé-mãe e as estacas estão sujeitos (Souza & Felker, 1986; Rein *et al.*, 1991; Spanos & Woodward, 1999).

Desta forma, a importância da propagação vegetativa desta espécie em Portugal e a necessidade de avaliar do efeito da fertilização para cada situação particular (espécie, sistema de cultivo dos pés-mãe e condições ambientais durante o enraizamento), justificam a realização de estudos específicos com pés-mãe de *E. globulus*. Pretende-se, assim, com este trabalho avaliar o efeito da fertilização azotada e potássica de pés-mãe de *E. globulus* na produção de biomassa, na produção de estacas e no enraizamento das estacas obtidas.

## MATERIAL E MÉTODOS

Em Abril de 1998 foi instalado, no viveiro do Instituto de Investigação da Floresta e Papel localizado em Alcoentre, um ensaio plurianual (2 anos) de fertilização de pés-mãe de *E. globulus* em vasos de 12 L de capacidade colocados ao ar livre.

### Delineamento e instalação do ensaio

O ensaio foi delineado segundo um esquema factorial em blocos casualizados, com 2 clones de *E. globulus* (clone HD161 e clone CN5), 3 níveis de azoto na solução nutritiva (50, 100 e 200 mg N L<sup>-1</sup>) e 2 níveis de potássio (50 e 100 mg K L<sup>-1</sup>), correspondendo a um total de 12 modalidades (Quadro 1). No ensaio utilizaram-se 3 blocos, perfazendo um total de 36 unidades experimentais.

No dia 14 de Abril de 1998 procedeu-se à plantação de uma planta de *Eucalyptus*

*globulus* Labil. em cada vaso (jovens plantas, oriundas do enraizamento de estacas dos respectivos clones, com 8-9 meses de idade e com 30 a 40 cm de altura).

**QUADRO 1 - Modalidades utilizadas no ensaio de fertilização dos pés-mãe de *E. globulus***

Mod.	Clone	Conc. de azoto (mg N L <sup>-1</sup> )	Conc. de potássio (mg K L <sup>-1</sup> )
1	HD161	50	50
2	HD161	100	50
3	HD161	200	50
4	HD161	50	100
5	HD161	100	100
6	HD161	200	100
7	CN5	50	50
8	CN5	100	50
9	CN5	200	50
10	CN5	50	100
11	CN5	100	100
12	CN5	200	100

A periodicidade de aplicação das soluções nutritivas foi estabelecida em função do crescimento das próprias plantas. Desde a plantação até Abril de 1999 foi aplicado, semanalmente, 1 L de solução nutritivas em cada vaso. A partir de Maio de 1999 foram aplicados, semanalmente, 2 L de solução nutritiva em cada vaso.

### Avaliação da biomassa produzida

Durante o período experimental realizaram-se 9 podas dos pés-mãe: Maio de 1998, Junho de 1998, Agosto de 1998, Dezembro de 1999, Junho de 1999, Julho de 1999, Agosto de 1999, Outubro de 1999 e Janeiro de 2000. Em Janeiro de 2000 o ensaio foi dado como terminado. Sempre que se realizou uma poda, a biomassa recolhida de cada unidade experimental foi pesada (peso fresco). Retirou-se uma amostra representativa do material recolhi-

do na poda, que foi seca durante 48 horas a 65°C e, posteriormente, pesada. Uma subamostra foi ainda seca a 105°C para determinação da humidade residual. Com base nos valores obtidos determinou-se a produção de biomassa, expressa na matéria seca a 105°C, por planta.

### Avaliação da produção de estacas

A época do ano mais propícia à propagação de eucalipto por estacas caulinares vai de meados de Maio a meados de Setembro. Desta forma, no 2º ano de crescimento dos pés-mãe, nas podas realizadas em Junho de 1999, Julho de 1999 e Agosto de 1999 foi avaliada a produção de estacas pelos pés-mãe. No material vegetal recolhido em cada unidade experimental contabilizou-se o número de estacas viáveis produzidas.

### Avaliação do enraizamento das estacas

Com as estacas recolhidas dos pés-mãe em Junho de 1999, foi efectuado um ensaio de enraizamento. As estacas foram obtidas a partir da zona que corresponde, aproximadamente, ao terço médio dos ramos recolhidos nas podas. Cada estaca é constituída por um caule com dois ou três nós e por um par de folhas, inseridas no nó superior da estaca, e cuja área é reduzida a cerca de 1/2 a 1/3 da área original. Esta folha é, de um modo geral, a folha imediatamente acima da *folha mais jovem completamente expandida*. As folhas dos nós inferiores são retiradas.

No ensaio de enraizamento colocaram-se a enraizar 35 estacas por cada unidade experimental, correspondendo a um total de 1260 estacas. A avaliação do enraizamento das estacas foi efectuada, de acordo com as propostas de Wilson & Struve (2003), através do cálculo dos indicadores “sobrevivência” e “enraizamento poten-

cial”. Trinta dias após a plantação das estacas, avaliou-se o número de estacas vivas e calculou-se o indicador “sobrevivência”, que corresponde à percentagem das estacas plantadas que se encontram vivas ao fim de 30 dias:

$$\text{Sobrevivência (\%)} = \frac{\text{nº estacas vivas aos 30 dias}}{\text{nº de estacas plantadas}} \times 100$$

Noventa dias após a estacaria, avaliou-se o número de estacas enraizadas e calculou-se o indicador “enraizamento potencial” (EP), que corresponde à percentagem das estacas vivas ao fim de 30 dias que se encontram enraizadas ao fim de 90 dias:

$$\text{EP (\%)} = \frac{\text{nº estacas enraizadas aos 90 dias}}{\text{nº estacas vivas aos 30 dias}} \times 100$$

### Tratamento dos dados

Os dados obtidos foram sujeitos a uma análise de variância para avaliar o efeito dos factores em estudo sobre as variáveis avaliadas. Nos dados correspondentes a proporções ou percentagens, como no caso da *sobrevivência* e do *enraizamento potencial*, pelo facto de os resultados apresentarem uma distribuição binomial procedeu-se à prévia transformação angular:  $y' = \arcsen \sqrt{y}$ . A comparação de médias foi efectuada utilizando o teste da “diferença mínima significativa” (Montgomery, 1991).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Efeito do azoto na produção de biomassa

A produção anual de biomassa corresponde ao somatório da biomassa recolhida em todas as podas efectuadas em cada um dos dois de ensaio, expressa em gramas de material seco a 100-105°C.

A análise estatística dos dados obtidos indicou que, nos dois anos, houve um efeito altamente significativo ( $p \leq 0,001$ ) da “concentração de azoto da solução nutritiva (azoto)” e do “clone” sobre a produção de biomassa pelos pés-mãe de *E. globulus*. Também a interação “azoto×clone” foi altamente significativa ( $p \leq 0,001$ ).

O aumento da concentração de azoto da solução nutritiva de 50 para 200 mg L<sup>-1</sup> provocou um aumento significativo na produção de biomassa de ambos os clones (Figura 1). No 1º ano de ensaio, observou-se que os níveis 100 e 200 mg N L<sup>-1</sup> originaram, relativamente ao nível mais baixo de azoto (50 mg N L<sup>-1</sup>), acréscimos de produção de biomassa de, respectivamente, 131 e 243 % para o clone HD161 e 63 e 281% para o clone CN5. No segundo ano, pelo facto de termos plantas maiores (pés-mãe com mais idade) observou-se uma maior produção de biomassa. No entanto, os acréscimos de produção relativamente ao nível mais baixo de azoto foram da mesma ordem de grandeza dos observados no 1º ano: 84 e 200% para o clone HD161 e 97 e 230% para o clone CN5.

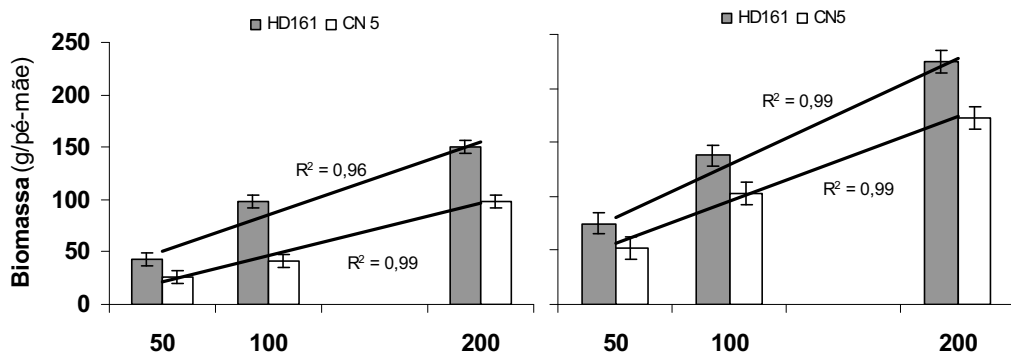
Na Figura 1 observa-se ainda que a resposta ao aumento da disponibilidade de azoto foi linear. Este tipo de resposta indica que o delineamento utilizado não permitiu identificar situações de consumo de luxo que, previsivelmente, deverão ocorrer para níveis de azoto superiores a 200 mg N L<sup>-1</sup>.

Os resultados obtidos demonstram a importância da fertilização azotada na optimização da produção de biomassa e, consequentemente, no crescimento dos pés-mãe de *E. globulus*. Embora na bibliografia consultado não se tenham encontrado dados específicos para pés-mãe, estes resultados estão em conformidade com os resultados obtidos para a mesma espécie, noutros sistemas de produção, tanto em ensaios de fertilização conduzidos em

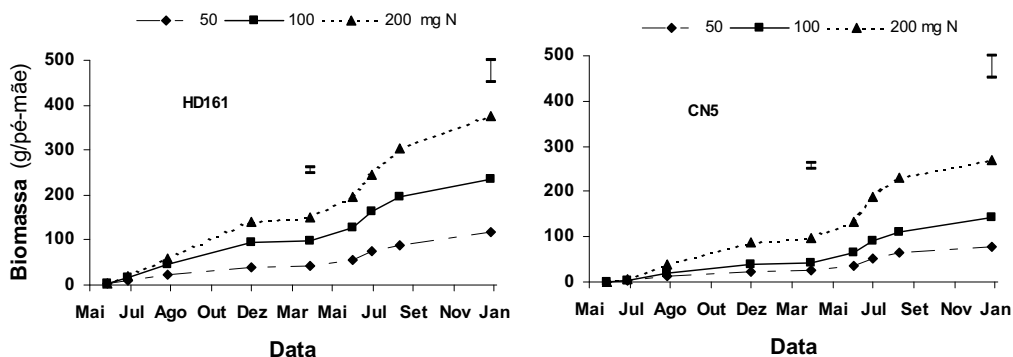
vasos/contentores (Wendler *et al.*, 1995; Shedley *et al.*, 1995) como em ensaios de campo (Pereira *et al.*, 1989; Cromer *et al.*, 2002), onde se verificou que o aumento da disponibilidade de azoto originou acréscimos significativos do crescimento das plantas desta espécie.

Na Figura 2 apresenta-se a evolução da produção acumulada de biomassa durante todo o período experimental (Março 1998 a Janeiro 2000), que está de acordo com as conclusões anteriormente referidas, nomeadamente, a existência de um padrão de comportamento idêntico nos dois clones, o aumento significativo da produção de biomassa quando a concentração de azoto aumenta de 50 para 200 mg L<sup>-1</sup>. Esta tendência manifestou-se logo nas fases iniciais do ensaio e manteve-se durante todo o período experimental.

Pode ainda observar-se, na Figura 2, que o período de maior crescimento das plantas (correspondente às regiões de maior declive das curvas) ocorreu entre meados de Abril e meados de Setembro. Este período de maior crescimento coincide com época em que se realizam as estacarias de *E. globulus* em Portugal (meados de Maio a meados de Setembro). Hartmann *et al.* (1997) consideram que nas espécies do género *Eucalyptus* existe um melhor enraizamento quando as estacas são retiradas na fase crescimento activo dos pés-mãe, o que acontece também no caso específico do *E. globulus* (Ipinza & Gutierrez, 1992; Wilson, 1998; Wilson, 1999). Este fenómeno parece estar relacionado com o efeito da temperatura, da intensidade da radiação e do fotoperíodo no enraizamento das estacas, nomeadamente, no balanço hormonal, na produção/acumulação de glúcidos, na actividade das células cambiais e na actividade de diferentes enzimas (Moe & Anderson, 1988).



**Figura 1** - Efeito da concentração de azoto da solução nutritiva ( $\text{mg L}^{-1}$ ) na produção de biomassa de cada clone nos dois anos de ensaio e respectiva diferença mínima significativa (I)



**Figura 2** - Evolução da produção acumulada de biomassa (g/planta) ao longo do período experimental e respectiva diferença mínima significativa (I - d.m.s.) no final de cada período de crescimento

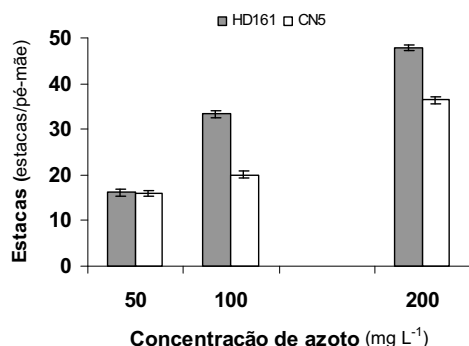
### Efeito do azoto na produção de estacas

A análise estatística dos dados obtidos indicou a existência de um efeito altamente significativo ( $p \leq 0,001$ ) da “concentração de azoto da solução nutritiva (azoto)” e do “clone” sobre a produção de estacas, tendo sido também altamente significativa ( $p \leq 0,001$ ) a interacção “azoto $\times$ clone”.

Os resultados da produção total de estacas pelos dois clones revelam que o aumento da concentração de azoto da solução nutritiva de 50 para 200  $\text{mg L}^{-1}$  conduziu a acréscimos significativos da produção de estacas (Figura 3).

Verifica-se que os níveis mais altos de azoto, 100 e 200  $\text{mg L}^{-1}$ , permitiram, relativamente ao nível mais baixo (50  $\text{mg L}^{-1}$ ), acréscimos de produção de estacas de, res-

pectivamente, 107 e 197% no clone HD161 e de 26 e 128% no clone CN5.



**Figura 3** - Efeito da concentração de azoto da solução nutritiva (mg L<sup>-1</sup>) na produção de estacas (nº estacas/pé-mãe) de cada clone no segundo ano de ensaio e respectiva diferença mínima significativa (I).

Em pés-mãe de *E. globulus*, as estacas obtêm-se a partir de rebentos/ramos com um comprimento superior a 20 cm, originando, cada rebento/ramo, apenas uma estaca. Desta forma, os resultados indicam que o aumento da concentração de azoto da solução nutritiva provocou um aumento do número de rebentos/ramos produzidos pelos pés-mãe. Também Pereira (1993) observou que o aumento da disponibilidade de azoto num povoamento de *E. globulus* conduziu a um acréscimo do número de ramos laterais nas plantas, tendo considerado este acréscimo como uma consequência da perda de dominância apical. Efectivamente, a maior disponibilidade de nutrientes tende a reduzir a dominância apical nos eucaliptos, com o consequente aumento do abrolhamento de gemas não apicais (laterais e adventícias) e uma maior ramificação das plantas (Kriedemann e Cromer, 1996) o que, no caso específico de um pé-mãe, se traduzirá por numa maior produção de estacas.

### Efeito do azoto no enraizamento das estacas

A análise estatística dos dados obtidos indicou que nenhum dos factores em estudo afectou a “sobrevivência” das estacas, apresentando-se no Quadro 2 os resultados obtidos.

**QUADRO 2 - Sobrevivência das estacas (%) dos dois clones em função da concentração de azoto da solução nutritiva (mg L<sup>-1</sup>)**

Concentração de azoto (mg N L <sup>-1</sup> )	Sobrevivência (%)	
	Clone	
	HD161	CN5
50	89,2 a	99,5 a
100	90,5 a	96,9 a
200	96,9 a	92,3 a

Ao contrário do observado para a “sobrevivência”, os factores “concentração de azoto da solução nutritiva (azoto)” e “clone” tiveram um efeito significativo sobre o “enraizamento potencial” das estacas. No Quadro 3 observa-se que a maior percentagem de enraizamento das estacas foi obtida com o nível mais elevado de azoto (200 mg L<sup>-1</sup>).

**QUADRO 3 - Enraizamento potencial das estacas (%) dos dois clones em função da concentração de azoto da solução nutritiva (mg L<sup>-1</sup>)**

Concentração de azoto (mg N L <sup>-1</sup> )	Enraizamento potencial (%)	
	Clone	
	HD161	CN5
50	59,0 ab	50,3 a
100	72,3 bc	57,4 a
200	87,1 d	74,4 c

Valores médios, nas duas colunas, seguidos da mesma letra não diferem entre si de forma significativa ( $p \leq 0,05$ ).

Alguns autores têm observado que o aumento da quantidade de azoto fornecida aos pés-mãe de algumas espécies melhora

o enraizamento das respectivas estacas. Drüge *et al.* (1998) verificaram, num sistema de produção hidropónico, que o aumento da concentração de azoto na solução nutritiva, de 50 para 200 mg N L<sup>-1</sup>, originou um aumento do enraizamento das estacas de híbridos de *Chrysanthemum* L.. Souza e Felker (1986), por seu lado, observaram que a aplicação de 3 litros por semana de uma solução com 800 mg N L<sup>-1</sup> a pés-mãe de *Prosopis alba* Griseb. cultivados em vasos de 20 L, comparativamente com plantas não fertilizadas, promoveu o enraizamento de estacas caulinares com folhas. Também Higashi *et al.* (2002), num sistema de mini pés-mãe de *Eucalyptus grandis* (Hill.) Maiden, observaram que o incremento da concentração de azoto na solução nutritiva (de 40 para 320 mg N L<sup>-1</sup>) originou um aumento linear e significativo do enraizamento de estacas caulinares com folhas de um dos clones em estudo.

No entanto, estes resultados contrariam a ideia, defendida por outros autores, de que uma baixa fertilização azotada aumenta o enraizamento das estacas (Haissig, 1986; Moe e Anderson, 1988; Rein *et al.*, 1991). Esta ideia baseia-se no facto de que quando ocorre uma limitação moderada do fornecimento de azoto ao pé-mãe, os fotossintetizados acumulam-se na forma de glúcidos não estruturais (Hartmann *et al.*, 1997). Desta forma, haverá uma acumulação destes composto na estaca, os quais serão fonte de energia e de cadeias carbonadas necessárias para suportar a iniciação radicular e o crescimento das raízes (Hassig, 1986; Veierskov, 1988). No entanto, quando se enraízam estacas com folhas, verifica-se que as folhas têm a capacidade de fotossintetizar (Davis, 1988), produzindo os glúcidos necessários para o processo de enraizamento (Loach, 1988; Drüge *et al.*, 1998), não estando, por isso, tão dependentes das reservas de glúcidos armazena-

das na estaca. Pellicer *et al.*, (2000) utilizando os isótopos <sup>13</sup>C e <sup>15</sup>N em estacas de *Larix×eurolepis* A. Henry verificaram que o carbono presente nas raízes recém-formadas correspondia a carbono recentemente assimilado nas folhas da estaca, enquanto que o azoto dessas raízes tinha origem nas reservas de azoto presentes na estaca. Desta forma, os autores concluíram que, em estacas com folhas, as reservas de azoto na estaca são mais limitantes para o enraizamento do que as reservas de glúcidos não estruturais.

Neste trabalho com pés-mãe de *E. globulus* enraizaram-se estacas com folhas e, à semelhança do observado por Drüge *et al.* (1998), Souza e Felker (1986) e Higashi *et al.* (2002), os resultados indicam que o aumento da fertilização azotada, e o consequente aumento das reservas de azoto nas estacas, têm um efeito positivo no enraizamento.

Relativamente aos resultados apresentados no Quadro 3, observa-se ainda que nos níveis 100 e 200 mg L<sup>-1</sup> o clone HD161 apresentou um enraizamento significativamente superior ao do clone CN5, resultado concordante com o conhecimento prático existente relativamente ao comportamento destes clones em viveiro.

### Efeito da concentração de potássio

A análise estatística dos dados obtidos indicou que a “concentração de potássio da solução nutritiva (azoto)” não teve efeito significativo sobre nenhum dos parâmetros avaliados (produção de biomassa, produção de estacas e enraizamento das estacas).

No Quadro 4 apresenta-se, para cada clone, os valores médios dos parâmetros avaliados. No entanto, os dois níveis de potássio na solução nutritiva originaram diferenças significativas nos teores foliares de potássio (Quadro 4). A ausência de



**QUADRO 4 - Efeito da concentração de potássio da solução nutritiva ( $\text{mg K L}^{-1}$ ) na produção de biomassa, na produção de estacas e no enraizamento das estacas obtidas**

Concentração de K ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Clone	Biomassa ( $\text{g/pé-mãe}$ )		Estacas (nº estacas/pé-mãe)	Enraizamento Potencial (%)	Teor foliar K ( $\text{g kg}^{-1}$ )
		1999	2000			
50	HD161	95,0	151,0	33,2	79,9	6,5 a
100	HD161	98,9	140,6	31,6	75,8	9,6 b
50	CN5	52,0	102,7	24,7	59,6	7,0 a
100	CN5	57,8	115,7	23,6	61,8	9,0 b

efeito dever-se-á, sobretudo, ao facto de o nível mais baixo de potássio ( $50 \text{ mg L}^{-1}$ ), parecer veicular potássio suficiente para suprir as necessidades da cultura. Desta forma, em futuros ensaios com este elemento, as escolhas dos níveis de fertilização potássica a utilizar deverão ter em conta estes resultados.

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem concluir que, nas condições do ensaio, o aumento da concentração de azoto da solução nutritiva que foi aplicada a pés-mãe de *E. globulus* (de 50 para 200  $\text{mg N L}^{-1}$ ) aumentou de forma significativa: i) a produção de biomassa pelos pés-mãe, ii) o número de estacas produzidas por cada pé-mãe e iii) a capacidade de enraizamento das estacas obtidas. Estes resultados indicam que o aumento da fertilização azotada, e o consequente aumento das reservas de azoto nas estacas, têm um efeito positivo no enraizamento, contrariando a ideia, defendida por alguns autores, de que uma baixa fertilização azotada aumenta o enraizamento das estacas.

Relativamente ao efeito do potássio, não se encontraram diferenças significativas em nenhum dos parâmetros avaliados. Este facto parece indicar que o nível mais baixo de potássio ( $50 \text{ mg K L}^{-1}$ ) veicula

potássio suficiente para suprir as necessidades da cultura.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto de Investigação da Floresta e do Papel (RAIZ) pela disponibilização dos meios necessários à realização da parte experimental do trabalho e à Fundação para a Ciência e Tecnologia pelo financiamento da Unidade de Investigação em Química Ambiental onde se realizou este trabalho.

## BIBLIOGRAFIA

- Cromer, R.N., Turnbull, C.R.A., LaSala, A.V., Smethurst, P.J. & Mitchell, A.D. 2002. Eucalyptus growth in relation to combined nitrogen and phosphorus fertiliser and soil chemistry in Tasmania. *Australian Forestry*, **65** (4): 256-264.
- Davis, T.D. 1988. Photosynthesis during adventitious rooting. In Davis, T.D., Haissig, B.E. & Sankhla, N. (eds) *Adventitious Root Formation in Cuttings*, pp. 79-87. Dioscorides Press, Portland, Oregon, EUA.
- Drüge, U., Zerche, S. & Kadner, R. 1998. Relation between nitrogen and soluble carbohydrate concentrations and sub-

- sequent rooting of Chrysanthemum cuttings. *Advances in Horticultural Science*, **12**: 78-84.
- Haissig, B.E. 1986. Metabolic process in adventitious rooting of cuttings. In Jackson, M.B. (eds) *New Root Formation in Plants and Cuttings*, pp. 141-190. Martinus Nijhoff Publishers, Dor-drecht, The Netherlands.
- Hartmann, H.T., Kester, D.E., Davies, F.T. & Geneve, R.L. 1997. *Plant Propagation: Principles and Practices*. Prentice-Hall Inc., New Jersey, EUA.
- Higashi, E.N., Silveira, R.N & Gonçalves, A.N. 2002. *Nutrição e Adução em Minijardim Clonal Hidropônico de Eucalyptus*. Circular Técnica IPEF nº 194. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Brasil.
- Ipinza, R. & Gutierrez, B. 1992. Resultados preliminares de un ensayo de enraizamiento de estaquillas de Eucalyptus globulus ssp. globulus. *Ciencia e Investigacion Forestal*, **6(1)**: 61-79.
- Kriedemann, P.E. & Cromer, R.N. 1996. The nutritional physiology of the eucalypts – nutrition and growth. In Attiwill, P.M. & Adams, M.A. (eds) *Nutrition of Eucalypts*, pp. 109-122. CSIRO Publishing, Collingwood, VIC, Australia.
- Loach, K. 1988. Controlling environmental conditions to improve adventitious rooting. In Davis, T.D., Haissig, B.E. & Sankhla, N. (eds) *Adventitious Root Formation in Cuttings*, pp. 248-273. Dioscorides Press, Portland, Oregon, EUA.
- Moe, R. & Andersen, A.S. 1988. Stock plant environment and subsequent adventitious rooting. In Davis, T.D., Haissig, B.E. & Sankhla, N. (eds) *Adventitious Root Formation in Cuttings*, pp. 214-234. Dioscorides Press, Portland, Oregon, EUA.
- Montgomery, D.C. 1991. *Design and analysis of experiments*. John Wiley and Sons, Inc., New York, EUA.
- Pellicer, V., Guehl, J., Daudet, F., Cazet, M., Riviere, L.M. & Maillard, P. 2000. Carbon and nitrogen mobilization in *Larix×eurolepis* leafy stem cuttings assessed by dual <sup>13</sup>C and <sup>15</sup>N labelling: relationship with rooting. *Tree Physiology*, **20**: 807-814.
- Pereira, J.S., Linder, S., Araújo, M.C., Pereira, H., Ericsson, T., Borralho, N. & Leal, L.C. 1989. Optimization of biomass production in *Eucalyptus globulus* plantations. A case study. In Pereira, J.S. & Landsberg, J.J. (eds) *Biomass Production by Fast-Growing Trees*, pp. 101-121. Kluwer Academic Press, Dordrecht, The Netherlands.
- Pereira, J.S. 1993. Gas exchange and growth. In Schulze, E.D. & Caldwell, M. (eds) *Ecophysiology of Photosynthesis, Ecological series nr. 100*, pp. 147-181. Springer-Verlag, Berlin.
- Rein, W.H., Wright, R.D. & Wolf, D.D. 1991. Stock plant nutrition influences the adventitious rooting of "rotundifolia" holly stem cuttings. *Journal of Environmental Horticulture*, **9(2)**: 83-85.
- Reis, J., MacRae, S. & Neves, I. 1996. Efeito da sazonalidade na propagação da *Eucalyptus globulus* Labill. através de estacas caulinares. *Revista Florestal*, **IX (2)**: 22-25.
- Ribeiro, H.M. 2004. *A Fertilização Azo-tada de Pés-Mãe de Eucalyptus globulus ssp. globulus Labill*. Dissertação de Doutorado em Engenharia Agrônômica. UTL, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.

- Shedley, E., Dell, B. & Grove, T.S. 1995. Diagnosis of nitrogen deficiency and toxicity of *Eucalyptus globulus* seedlings by foliar analysis. *Plant and Soil*, **177**: 183-189.
- Souza, S.M. & Felker, P. 1986. The influence of stock plant fertilization on tissue concentration of N, P and carbohydrates and the rooting of *Prosopis alba* cuttings. *Forest Ecology and Management*, **16**: 181-190.
- Spanos, K.A. & Woodward, P.S. 1999. The effect of fertiliser and shading treatments on rooting efficiency in cuttings of cupressaceae. *Silvae Genetica*, **48**: 248-254.
- Veierskov, B. 1988. Relations between carbohydrates and adventitious root formation. In Davis, T.D., Haissig B.E. & Sankhla, N. (eds) *Adventitious Root Formation in Cuttings*, pp. 70-78. Dioscorides Press, Portland, Oregon, EUA
- Wendler, R., Carvalho, P.O., Pereira, J.S. & Millard, P. 1995. Role of nitrogen remobilization from old leaves for new leaf growth of *Eucalyptus globulus* seedlings. *Tree Physiology*, **15**: 679-683.
- Wilson, P.J. 1993. Propagation characteristics of *Eucalyptus globulus* Labill. ssp. *globulus* stem cuttings in relation to their original position in the parent shoot. *Journal of Horticultural Science*, **68** (5): 715-724.
- Wilson, P.J. 1998. Environmental preferences of *Eucalyptus globulus* stem cuttings in one nursery. *New Zealand Journal of Forestry Science*, **28** (3): 304-315.
- Wilson, P.J. 1999. Pruning regimes, container types and stocking for mother plants of *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus*. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, **74** (5): 639-644.
- Wilson, P.J. & Struve, D.K. 2003. Rooting variables for stem cuttings. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, **78** (1): 29-31.